

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **11-257355**

(43)Date of publication of application : **21.09.1999**

---

(51)Int.Cl.

**F16C 33/12**

**C22C 5/06**

**C25D 3/64**

**C25D 7/00**

---

(21)Application number : **10-063437**

(71)Applicant : **TOYOTA MOTOR CORP**

**TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC**

(22)Date of filing : **13.03.1998**

(72)Inventor : **MICHIOKA HIROBUMI**

**FUWA YOSHIO**

**SHIMURA YOSHIO**

**HOTTA SHIGERU**

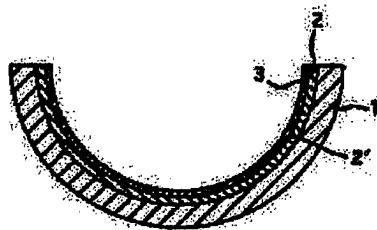
---

## **(54) SLIDING MEMBER**

### **(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain the same sliding characteristic as a material including Pb by constituting a sliding member by base material and a coated layer formed on a sliding surface of a surface of the base material, including at least one kind selected from a group made of Sn, Bi, and In the coated layer, and making the rest thereof of Ag and unavoidable impurity.

**SOLUTION:** A sliding member is composed of a base material and a coated layer 3 formed on a sliding surface of a surface of the base material, the base material is selected according to an adapting member. In the case of a sliding bearing for an internal combustion engine, lining of a Cu-Sn alloy layer 2 is carried out on a steel back plate 1. A Ni plating layer 2' is arranged as an intermediate layer on a surface of the base material in order to improve joining of the base material and the coated layer and an anticorrosion. The coated layer 3 contains at least one kind selected from a group made of Sn, Bi, and In, and its rest part is made of Ag and an unavoidable impurity. Pb not is not contained in the coated layer 3, fatigue resistance and abrasion resistance are improved by a characteristic of Ag group, the coated layer 3 run-in with Sn, Bi, In has good lubrication and seizing resistance.



**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1]A slide member characterized by a thing for which the above-mentioned enveloping layer is chosen from a group which consists of Sn, Bi, and In in a slide member which consists of a substrate and an enveloping layer formed in a sliding surface with a mating material on the surface of this substrate, and which contain a kind at least and the remainder becomes from Ag and an inevitable impurity substantially.

[Claim 2]The slide member according to claim 1, wherein quantity of Sn contained in said enveloping layer is 2 to 50 % of the weight.

[Claim 3]The slide member according to claim 1, wherein quantity of Bi contained in said enveloping layer is 5 to 50 % of the weight.

[Claim 4]The slide member according to claim 1, wherein quantity of In contained in said enveloping layer is 2 to 28 % of the weight.

[Claim 5]The slide member according to claim 1 to which quantity of Sn and Bi which are contained in said enveloping layer, and In is 4 to 50 % of the weight in total, and Sn is characterized by Bi's being 5 to 20 % of the weight, and In being 2 to 10 % of the weight two to 20% of the weight.

[Claim 6]The slide member according to claim 1, wherein said enveloping layer is the plating coat formed by carrying out plating processing of the surface of said substrate.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]**This invention relates to the slide member which does not contain Pb (lead) in detail about a slide member. The slide member of this invention can be used suitably for the plain bearing and bush for internal-combustion engines, for example.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]**To the plain bearing used for a crankshaft, a connecting rod, etc., with a high increase in power of an automobile engine. Many bearings which lined the kelmet alloy (alloy which uses Cu and Pb as the main ingredients) which has initial conformity, and high compression and fatigue strength are used for the back plates of low carbon steel.

**[0003]**In this bearing, a thin overlay layer is usually formed in a sliding surface with a mating material of electroplating etc. in a kelmet alloy surface. It is made for the purpose, like this improves conformity with a mating material further, and the alloy which uses elasticity Pb and Sn as the main ingredients is used for an overlay layer. For the purpose of raising the corrosion resistance of a kelmet or preventing an overlay layer from Sn in an overlay layer being spread in a kelmet alloy, and deteriorating. Plating processing of nickel about several micrometers thick etc. is performed to the kelmet surface, and forming an overlay layer on this plating layer is also performed.

**[0004]**Many aluminum alloy bearings (references, such as JP,H4-219523,A) which alloyed Sn, Pb, etc. with aluminum group are also used for the above-mentioned plain bearing.

**[0005]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]**By the way, it is progressing towards the formation of Pb free as a trend of material development in recent years. As for this development trend, slide members, such as the above-mentioned plain bearing, are not an exception, either. However, in slide members, such as a plain bearing, when satisfying a sliding characteristic, Pb is important. Like a high-output engine, since a high sliding characteristic is required; especially Pb is important in a heavy load conditional part. For this reason, it was very difficult to provide a sliding surface with the slide member provided with sufficient sliding characteristic, without containing Pb.

[0006] Let it be technical problem which should be solved to provide the slide member which can demonstrate a sliding characteristic equivalent to what this invention is made in view of the above-mentioned actual condition, and does not contain Pb in a sliding surface at least, but moreover contains Pb in a sliding surface.

[0007]

[Means for Solving the Problem](1) The slide member according to claim 1 which solves an aforementioned problem, In a slide member which consists of a substrate and an enveloping layer formed in a sliding surface with a mating material on the surface of this substrate, the above-mentioned enveloping layer is characterized by a thing which is chosen from a group which consists of Sn, Bi, and In and which contain a kind at least and the remainder becomes from Ag and an inevitable impurity substantially.

[0008](2) It is characterized by quantity of Sn by which a slide member given in Claim 2 is contained in said enveloping layer in the slide member according to claim 1 being 2 to 50 % of the weight.

(3) It is characterized by quantity of Bi by which a slide member given in Claim 3 is contained in said enveloping layer in the slide member according to claim 1 being 5 to 50 % of the weight.

(4) It is characterized by quantity of In by which a slide member given in Claim 4 is contained in said enveloping layer in the slide member according to claim 1 being 2 to 28 % of the weight.

[0009](5) Quantity of Sn and Bi by which a slide member given in Claim 5 is contained in said enveloping layer in the slide member according to claim 1, and In is 4 to 50 % of the weight in total, and Bi is characterized by In being 2 to 10 % of the weight by Sn five to 20% of the weight two to 20% of the weight. (6) A slide member given in Claim 6 is characterized by said enveloping layer being the plating coat formed by carrying out plating processing of the surface of said substrate in the slide member according to claim 1.

[0010]

[Embodiment of the Invention] This invention is characterized by a slide member comprising the following.

Substrate.

The enveloping layer formed in the sliding surface with a mating material on the surface of this substrate.

It may not be limited especially as a kind of the above-mentioned substrate, but can adopt suitably according to the member which is going to apply the slide member of this invention from steel materials, cast iron, an iron system sintered alloy, an aluminum alloy, a copper alloy, etc., and may be a composite material of such materials. However, also as for this substrate, it is preferred not to contain Pb. For example, when applying the slide member of this invention to the plain bearing for internal-combustion engines, the substrate which lines a Cu-Sn system alloy layer, the substrate which consists of an aluminum-Sn-Si system alloy layer, etc. can be used for steel back plates.

[0011] As for the above-mentioned enveloping layer, it is preferred that it is the plating coat formed by carrying out plating processing of the surface of a substrate. It is because it will become advantageous in respect of adhesion or a film strength if an enveloping layer is a plating coat. As this plating processing, dry type plating by PVD, such as ion plating and sputtering besides wet plating, such as

electroplating and chemical plating, is employable. It is also possible to adopt thermal spraying other than plating processing, etc. as a method of forming an enveloping layer in a substrate.

[0012]Although an enveloping layer may be directly formed in a base material surface, it is preferred to form an interlayer in a base material surface from a viewpoint of raising the junction nature of a substrate and an enveloping layer and the corrosion resistance of a substrate. As this interlayer, nickel plating layer, Co plating layer, Zn plating layer, etc. are employable. As for the thickness of the above-mentioned enveloping layer, it is preferred to be referred to as 1.0-30 micrometers. It becomes difficult to demonstrate sufficient sliding characteristic, if the thickness of an enveloping layer is thinner than 1.0 micrometer, on the other hand, if thicker than 30 micrometers, adhesion will fall and an enveloping layer will separate easily from a base material surface. The thickness of a more desirable enveloping layer is 10-30 micrometers. If the thickness of an enveloping layer is set to not less than 10 micrometers, it will become advantageous in respect of reservation of required conformity, and an abrasion proof life.

[0013]A kind is contained at least, the remainder consists of Ag (silver) and an inevitable impurity substantially, and, as for the above-mentioned enveloping layer, Pb does not contain [ which is chosen from the group which consists of Sn (tin), Bi (bismuth), and In (indium) ] in this enveloping layer. Fatigue resistance and abrasion resistance are good by ductility and the characteristic of Ag group that the melting point is high, moreover, hardness is not too high by work of Sn, Bi, or In, conformity is good, and the enveloping layer which consists of this Ag alloy has good lubricity, and its seizing resistance is good.

[0014]Therefore, although the slide member which requires the enveloping layer which consists of the above-mentioned Ag alloy for this invention formed in the sliding surface with a mating material on the surface of the substrate does not contain Pb in a sliding surface at least, it becomes good [ conformity, seizing resistance, and a wear-resistant and fatigue-resistant sliding characteristic ]. Sn contributes to the initial conformity of an Ag alloy, and wear-resistant improvement here. In the above-mentioned enveloping layer, if the content of Sn will be less than 2% of the weight, hardness is high and initial conformity is not enough. On the other hand, if the content of Sn exceeds 50 % of the weight, the alloy melting point will fall substantially, and will soften under an elevated temperature, and abrasion resistance will become insufficient. For this reason, as for the content of Sn in the above-mentioned enveloping layer, it is preferred to consider it as 2 to 50 % of the weight. The maximum of the content of the heat-resistant viewpoint in which it is especially preferred that the minimum of the content of Sn considers it as 9 % of the weight from a seizing-resistant viewpoint to Sn has especially a preferred thing to consider as 25 % of the weight.

[0015]Bi contributes to the initial conformity of an Ag alloy, and fatigue-resistant improvement. In the above-mentioned enveloping layer, if the content of Bi will be less than 5% of the weight, hardness is high and initial conformity is not enough. On the other hand, if the content of Bi exceeds 50 % of the weight, the characteristic (ductility) which Ag holds will worsen and will lead to a fatigue-resistant fall. For this reason, as for the content of Bi in the above-mentioned enveloping layer, it is preferred to consider it as 5 to 50 % of the weight. The maximum of the content of the viewpoint of the seizing resistance in which it is especially preferred that the minimum of the content of Bi considers it as 10 % of the weight from a viewpoint of initial conformity, and fatigue resistance to Bi has especially a

preferred thing to consider as 22 % of the weight.

[0016]there is the same effect as Sn, if the content of In will be less than 2% of the weight in the above-mentioned enveloping layer, hardness is high, initial conformity of In is not enough, if it, on the other hand, exceeds 28 % of the weight, the alloy melting point will fall, it will soften under an elevated temperature, and it will become insufficient [ abrasion resistance ]. For this reason, as for the content of In in the above-mentioned enveloping layer, it is preferred to consider it as 2 to 28 % of the weight. The maximum of the content of the heat-resistant viewpoint in which it is especially preferred that the minimum of the content of In considers it as 7 % of the weight from a viewpoint of initial conformity to In has especially a preferred thing to consider as 20 % of the weight.

[0017]The above-mentioned Sn, Bi, and In can also make two or more sorts contain simultaneously. As for the content of Ag in an Ag alloy, it is preferred to secure 50 % of the weight or more from a viewpoint of securing the high ductility by Ag group and the characteristic of a high-melting point, and if the content of Sn, Bi, and In exceeds 50 % of the weight here in total, ductility and abrasion resistance will fall to it. On the other hand, at less than 4 % of the weight, since hardness is high, initial conformity does not have the enough content of Sn, Bi, and In in total, lubricity is bad, and seizing-resistant improvement cannot be expected. For this reason, when making Sn, Bi, and In contain simultaneously, the content of the sum total of Sn, Bi, and In is 4 to 50 % of the weight, and it is preferred that 2 to 20 % of the weight and Bi are 5 to 20 % of the weight, and Sn is [ In ] 2 to 10 % of the weight.

[0018]Therefore, the slide member of this invention becomes possible [ using suitably for the plain bearing and bush for internal-combustion engines ].

[0019]

[Example]Hereafter, working example explains this invention concretely.

[The 1st working example] Cu-Sn-alloy (Cu:94.5 % of the weight Sn: 5 % of the weight) specimen with steel back plates was prepared, and as shown below, the enveloping layer with a thickness of 10-30 micrometers which consists of chemical composition shown in Table 1 was formed in the Cu-Sn alloy surface of this specimen by electroplating.

[0020]

[Table 1]

		化学組成 (wt %)				
		A g	S n	B i	I n	P b
実 施 例	1	残部	2	-	-	-
	2	残部	20	-	-	-
	3	残部	50	-	-	-
	4	残部	-	5	-	-
	5	残部	-	10	-	-
	6	残部	-	50	-	-
	7	残部	-	-	2	-
	8	残部	-	-	28	-
	9	残部	2	-	2	-
	10	残部	5	10	-	-
	11	残部	20	20	10	-
	12	残部	2	5	2	-
比較 例	1	-	10	-	-	残部
	2	-	10	-	8	残部
	3	100	-	-	-	-
	4	-	100	-	-	-

[0021] (Working example 1-3) The enveloping layer which consists of an Ag-Sn alloy was formed by electroplating by the plating conditions shown in Table 3 using the plating bath which consists of a presentation shown in Table 2.

[0022]

[Table 2]

Ag - Sn合金めっき液組成	
AgCN	0.05~3.5 g/リットル
K <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub> · 3H <sub>2</sub> O	7.2~150 g/リットル
KCN	1~74 g/リットル
KOH	7~34 g/リットル

[0023]

[Table 3]

めっき条件	
めっき液温度 (°C)	40~50
電流密度 (A/dm <sup>2</sup> )	0.5~2.0

(Working example 4-6) The enveloping layer which consists of Ag was formed by using a plating coating member as the negative pole, and electroplating by the plating conditions shown in Table 5 using the plating bath which consists of a presentation shown in Table 4. And after performing Bi plating further on this plating coat, the enveloping layer which consists of an Ag-Bi alloy was formed by processing so that it may become the presentation which is made to diffuse Bi in a plating coat by heat treatment (150-170 \*\*, 30 to 60 minutes), and is shown in Table 1.

[0024]

[Table 4]

Agめっき液組成	
青化銀	20~30 g/リットル
青化カリ	70~90 g/リットル
酸化カドミウム	5~15 g/リットル
次亜硫酸ソーダOH	1~5 g/リットル

[0025]

[Table 5]

めっき条件	
めっき液温度 (°C)	20~30
電流密度 (A/dm <sup>2</sup> )	0.5~2.0

(Working example 7 and 8) The enveloping layer which consists of Ag was formed by using a plating coating member as the negative pole, and electroplating by the plating conditions shown in Table 4 using the plating bath which consists of a presentation first shown in Table 3 like working example 4-6. And after performing In plating further on this plating coat, the enveloping layer which consists of an Ag-In alloy was formed by processing so that it may become the presentation which is made to diffuse In in

a plating coat by heat treatment (150-170 \*\*, 30 to 60 minutes), and is shown in Table 1.

[0026](Working example 9) The enveloping layer which consists of an Ag-Sn alloy was formed by electroplating by the plating conditions shown in Table 3 using the plating bath which consists of a presentation first shown in Table 2 like working example 1-3. And after performing In plating further on this plating coat, the enveloping layer which consists of an Ag-Sn-In alloy was formed by processing so that it may become the presentation which is made to diffuse In in a plating coat by heat treatment (150-170 \*\*, 30 to 60 minutes), and is shown in Table 1.

[0027](Working example 10) The enveloping layer which consists of an Ag-Sn alloy was formed by electroplating by the plating conditions shown in Table 3 using the plating bath which consists of a presentation first shown in Table 2 like working example 1-3. And after performing Bi plating further on this plating coat, the enveloping layer which consists of an Ag-Sn-Bi alloy was formed by processing so that it may become the presentation which is made to diffuse Bi in a plating coat by heat treatment (150-170 \*\*, 30 to 60 minutes), and is shown in Table 1.

[0028](Working example 11 and 12) The enveloping layer which consists of an Ag-Sn-Bi alloy like working example 10 first was formed. And after performing In plating further on this plating coat, the enveloping layer which consists of an Ag-Sn-Bi-In alloy was formed by processing so that it may become the presentation which is made to diffuse In in a plating coat by heat treatment, and is shown in Table 1.

[0029](Comparative example 1) The enveloping layer which consists of a Pb-Sn alloy was formed using the plating liquid which consists of a Howe fluoridation bath by carrying out plating processing on condition of the degree of plating solution temperature of 20-30 \*\*, the current density  $2 - 5 \text{ A/dm}^2$ .  
(Comparative example 2) The enveloping layer which consists of a Pb-Sn-In alloy was formed by carrying out Pb-Sn alloy-plating processing first, carrying out In plating on it further on condition of the degree of plating solution temperature of 20-30 \*\*, the current density  $2 - 5 \text{ A/dm}^2$ , using the plating liquid which consists of a Howe fluoridation bath, and heat-treating.

[0030](Comparative example 3) The enveloping layer which consists of pure Ag was formed by using a plating coating member as the negative pole, and electroplating by the plating conditions shown in Table 5 using the plating bath which consists of a presentation shown in Table 4.

(Comparative example 4) The enveloping layer which consists of Sn was formed using the plating liquid which consists of a Howe fluoridation bath by carrying out plating processing on condition of the degree of plating solution temperature of 20-30 \*\*, the current density  $2 - 5 \text{ A/dm}^2$ .

[0031]The enveloping layer concerning the above-mentioned comparative example 4 is an alloy layer used now as an overlay layer of some plain bearings.

(Evaluation of hardness) The hardness of the enveloping layer of above-mentioned working example 1-12 and the comparative examples 1-4 was measured with the micro-Vickers-hardness meter. The result is shown in Table 6 and drawing 1.

[0032](Evaluation of a frictional wearing characteristic) The friction wear test was done about the specimen which consists of a pin of phi7 mmxL12mm which formed the enveloping layer of above-mentioned working example 1-12 and the comparative examples 1-4 in the sliding surface. The result is

shown in Table 6 and drawing 2, and drawing 4. The test condition is as follows.

test equipment :pin one disk testing machine Sliding velocity : 0.5 m/s load : 9N – lubricous : Non-lubrication (inside of the vacuum of  $5 \times 10^{-2}$  Torr)

temperature : -- room temperature Test time : 30 minutes (however, was converted as what performed wear for 30 minutes about what there is much abrasion loss and it does not have for 30 minutes.)

Mating material : a disk test piece, SUS430 (hardness: Hv290, surface roughness:0.5micromRz) (Seizing-resistant evaluation) The printing examination was done about 30 mm x 30 mm which formed the enveloping layer of above-mentioned working example 1-12 and the comparative examples 1-4 in the sliding surface, and the specimen which consists of a 2-mm-thick plate (30 mm x 30 mm of sliding surfaces). The result is shown in Table 6 and drawing 3. The test condition is as follows.

[0033]

Test equipment : cylinder x monotonous test piece thrust testing machine Sliding velocity : 2.0 m/s

Load : The step-up increasing method (5kgf / step)

Lubricous W-5 30 base oil (oil bath)

Temperature : it dies in room temperature -. Test time : Every step-ups / 5 minutes Mating material : A cylinder test piece, carbon steel (C [ S50 ] and hardness:Hv600, surface roughness:0.8micromRz)

[0034]

[Table 6]

硬さと摩擦摩耗試験の評価結果				
	硬さ (Hv)	摩擦係数 (μ)	焼付荷重 (kgf)	摩耗量 (mg/0.5h)
実施例	1	62	0.4	60
	2	25	0.35	75
	3	20	0.3	60
	4	55	0.43	70
	5	33	0.4	95
	6	28	0.4	80
	7	65	0.42	65
	8	26	0.38	90
	9	58	0.45	65
	10	22	0.36	85
	11	18	0.33	80
	12	20	0.35	80
比較例	1	10	0.25	10
	2	9.3	0.4	15
	3	108	0.3	50
	4	9	0.3	40

[0035]Compared with the comparative examples 1, 2, and 4, the hardness of working example 1-12 is high so that clearly from Table 6 and drawing 1 - drawing 4, but rather than the comparative example 3 (pure Ag plating), hardness is low. And working example 1-12 has a comparatively [ with high hardness ] lower coefficient of friction, and the coefficient of friction of working example 1-12 shows the thing of a comparative example, and the near value. To wearing an enveloping layer out and resulting by low load during a printing examination, at seizure, while working example 1-12 showed the seizing resistance which was altogether superior to the comparative examples 1 and 2, abrasion resistance was also substantially excellent in what used Pb of the comparative examples 1 and 2 as the base.

[0036]Although it was dramatically hard as overlay and being excelled in abrasion resistance according to the comparative example 3 of pure Ag plating, since conformity was insufficient, to the thing with low printing load, in working example 1-12, conformity and wear-resistant both sides were dramatically high, and conformity and wear-resistant coexistence were achieved.

[The 2nd working example] This example applies the slide member of this invention to the plain bearing for internal-combustion engines.

[0037]As shown in drawing 5, the substrate which lines the with the outer diameter of 48 mm and a

thickness of 1.5 mm Cu-Sn alloy layer (Cu:94.5 % of the weight, Sn: 5 % of the weight) 2 was prepared for the steel back plates 1. 1.5-micrometer-thick nickel plating layer 2' was formed in the surface of the Cu-Sn alloy layer 2 of this substrate, i.e., a sliding surface with a mating material. The plating conditions at this time are plating liquid:Watts bath, plating solution temperature degree:50 \*\*, and current density:6A/dm<sup>2</sup>.

[0038]And the enveloping layer 3 was formed in the surface of this nickel plating layer 2' by the same method as said 1st working example, and the plain bearing was produced. Bearing unit testing was done about what applied the enveloping layer of working example 1-12 and the comparative examples 1-4 which were shown in the 1st working example to the enveloping layer 3 of the above-mentioned plain bearing. The result is shown in drawing 6. The test condition is as follows.

[0039]

Test equipment : static load bearing testing machine Number of rotations : 5000 rpm (peripheral speed: 12.5 m/s)

Lubricating oil :SAE10W-30 The amount of oil supply : A part for 0.1-l./ Oil supply temperature : 100 \*\* mating material: Carbon steel (S50C, Hv:600, surface roughness:0.8micromR z)

The bearing performance (printing characteristic) superior to four of the comparative examples 1 and 2 which used Pb as the base, the comparative example 3 of pure Ag, and pure Sn was able to be demonstrated by forming the enveloping layer concerning this invention in a sliding surface with a mating material on the surface of a plain bearing so that clearly from drawing 6.

[0040]Before conformity was bad and reached the predetermined test condition in the comparative example 3 of pure Ag, there was nothing that printing generates in early stages of an examination at this example to that (the data of what has been examined well is shown in drawing 6) with some which printing was not able to generate and examine. Although above-mentioned working example showed the result at the time of forming an enveloping layer by electroplating, also when an enveloping layer was formed by vapor-plating methods, such as PVD, it checked that the same result was obtained.

[0041]

[Effect of the Invention]As explained in full detail above, although the slide member of this invention does not contain Pb in a sliding surface, it can demonstrate what carries out Pb content, and the sliding characteristic more than equivalent to a sliding surface.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-257355

(43) 公開日 平成11年(1999)9月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F 16 C 33/12  
C 22 C 5/06  
C 25 D 3/64  
7/00

F I

F 16 C 33/12 Z  
C 22 C 5/06 Z  
C 25 D 3/64  
7/00 C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平10-63437

(22) 出願日

平成10年(1998)3月13日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(72) 発明者 道岡 博文

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大川 宏

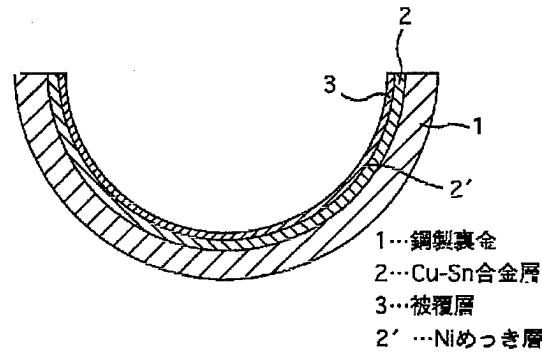
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摺動部材

(57) 【要約】

【課題】少なくとも摺動面にPbを含有せず、しかもPbを摺動面に含有するものと同等の摺動特性を發揮しうる摺動部材を提供する。

【解決手段】基材の表面で相手材との摺動面に、Sn、Bi及びInよりなる群から選ばれる少なくとも一種を含有し、残部が実質的にAg及び不可避不純物よりなる被覆層3が形成されている。摺動面にPbを含有しないものであるが、摺動面にPb含有するものと同等の摺動特性を發揮する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基材と、該基材の表面で相手材との摺動面に形成された被覆層とからなる摺動部材において、上記被覆層は、S<sub>n</sub>、B<sub>i</sub>及びI<sub>n</sub>よりなる群から選ばれる少なくとも一種を含有し、残部が実質的にA<sub>g</sub>及び不可避不純物よりなることを特徴とする摺動部材。

【請求項2】 前記被覆層中に含まれるS<sub>n</sub>の量は2～50重量%であることを特徴とする請求項1記載の摺動部材。

【請求項3】 前記被覆層中に含まれるB<sub>i</sub>の量は5～50重量%であることを特徴とする請求項1記載の摺動部材。

【請求項4】 前記被覆層中に含まれるI<sub>n</sub>の量は2～28重量%であることを特徴とする請求項1記載の摺動部材。

【請求項5】 前記被覆層中に含まれるS<sub>n</sub>、B<sub>i</sub>及びI<sub>n</sub>の量は、合計で4～50重量%で、S<sub>n</sub>が2～20重量%、B<sub>i</sub>が5～20重量%、I<sub>n</sub>が2～10重量%であることを特徴とする請求項1記載の摺動部材。

【請求項6】 前記被覆層は、前記基材の表面をめっき処理することにより形成されためっき皮膜であることを特徴とする請求項1記載の摺動部材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は摺動部材に関し、詳しくはPb(鉛)を含有しない摺動部材に関する。本発明の摺動部材は、例えば内燃機関用のすべり軸受やブッシュに好適に利用することができる。

## 【0002】

【従来の技術】 自動車エンジンの高出力化に伴って、クランクシャフトやコネクティングロッド等に使用されるすべり軸受には、低炭素鋼製の裏金に、初期なじみ性と高い圧縮・疲労強度とを有するケルメット合金(Cu及びPbを主成分とする合金)をライニングした軸受が多く用いられている。

【0003】 この軸受では、普通、ケルメット合金表面で相手材との摺動面に電気めっき等により薄いオーバーレイ層が形成される。これは相手材とのなじみ性をさらに高める等の目的でなされるもので、オーバーレイ層には軟質なPb及びSnを主成分とする合金が用いられる。なお、ケルメットの耐食性を向上させたり、オーバーレイ層中のSnがケルメット合金中に拡散してオーバーレイ層が劣化することを防止する等の目的で、ケルメット表面に数μm程度の厚さのNi等のめっき処理を施し、このめっき層の上にオーバーレイ層を形成することも行われている。

【0004】 また、上記すべり軸受には、A1基でSn及びPb等を合金化したアルミニウム合金軸受(特開平4-219523号公報等参照)も多く用いられている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、近年の材料開発の動向としてPbフリー化の方向に進んでいる。この開発動向は上記すべり軸受等の摺動部材も例外ではない。しかしながら、すべり軸受等の摺動部材において、摺動特性を満足させる上でPbは重要である。高出力エンジンのように高負荷条件部では、高い摺動特性が要求されることから、Pbは特に重要である。このため、摺動面にPbを含有せずに、十分な摺動特性を備えた摺動部材を提供することは、きわめて困難であった。

【0006】 本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、少なくとも摺動面にPbを含有せず、しかもPbを摺動面に含有するものと同等の摺動特性を発揮しうる摺動部材を提供することを解決すべき技術課題とするものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 (1) 上記課題を解決する請求項1記載の摺動部材は、基材と、該基材の表面で相手材との摺動面に形成された被覆層とからなる摺動部材において、上記被覆層は、S<sub>n</sub>、B<sub>i</sub>及びI<sub>n</sub>よりなる群から選ばれる少なくとも一種を含有し、残部が実質的にA<sub>g</sub>及び不可避不純物よりなることを特徴とする。

(2) 請求項2記載の摺動部材は、請求項1記載の摺動部材において、前記被覆層中に含まれるS<sub>n</sub>の量は2～50重量%であることを特徴とする。

(3) 請求項3記載の摺動部材は、請求項1記載の摺動部材において、前記被覆層中に含まれるB<sub>i</sub>の量は5～50重量%であることを特徴とする。

(4) 請求項4記載の摺動部材は、請求項1記載の摺動部材において、前記被覆層中に含まれるI<sub>n</sub>の量は2～28重量%であることを特徴とする。

(5) 請求項5記載の摺動部材は、請求項1記載の摺動部材において、前記被覆層中に含まれるS<sub>n</sub>、B<sub>i</sub>及びI<sub>n</sub>の量は、合計で4～50重量%で、S<sub>n</sub>が2～20重量%、B<sub>i</sub>が5～20重量%、I<sub>n</sub>が2～10重量%であることを特徴とする。(6) 請求項6記載の摺動部材は、請求項1記載の摺動部材において、前記被覆層が、前記基材の表面をめっき処理することにより形成されためっき皮膜であることを特徴とする。

## 【0010】

【発明の実施の形態】 本発明の摺動部材は、基材と、該基材の表面で相手材との摺動面に形成された被覆層とからなるものである。上記基材の種類としては特に限定されず、本発明の摺動部材を適用しようとする部材に応じて、鋼材、錫鉄、鉄系焼結合金、アルミニウム合金及び銅合金等から適宜採択可能であり、これらの材料の複合材料であってもよい。但し、この基材もPbを含有しないことが好ましい。例えば、本発明の摺動部材を内燃機関用すべり軸受に適用する場合、鋼製裏金にCu-Sn系合金層をライニングしてなる基材や、A1-Sn-S

i系合金層よりなる基材等を用いることができる。

【0011】上記被覆層は、基材の表面をめっき処理することにより形成されためっき皮膜であることが好ましい。被覆層がめっき皮膜であれば、密着性や皮膜強度の点で有利となるからである。このめっき処理としては、電気めっきや化学めっきなどの湿式めっきの他、イオンプレーティングやスパッタリングなどのPVD法による乾式めっきを採用することができる。なお、基材に被覆層を形成する方法として、めっき処理の他に溶射等を採用することも可能である。

【0012】なお、基材表面に直接被覆層を形成してもよいが、基材と被覆層との接合性や基材の耐食性を向上させる等の観点から、基材表面に中間層を形成することが好ましい。この中間層としては、Niめっき層、Coめっき層やZnめっき層等を採用することができる。また上記被覆層の厚さは1.0～30μmとすることが好ましい。被覆層の厚さが1.0μmよりも薄いと、十分な摺動特性を発揮することが困難となり、一方30μmよりも厚いと密着性が低下して被覆層が基材表面から剥がれ易くなる。より好ましい被覆層の厚さは10～30μmである。被覆層の厚さが10μm以上になると、必要ななじみ性の確保及び耐摩耗寿命の点で有利となる。

【0013】上記被覆層は、Sn(スズ)、Bi(ビスマス)及びIn(インジウム)よりなる群から選ばれる少なくとも一種を含有し、残部が実質的にAg(銀)及び不可避不純物よりなるものであり、この被覆層にはPbが含有されていない。かかるAg合金よりなる被覆層は、延性及び融点が高いというAg基の特性により耐疲労性及び耐摩耗性が良好で、しかもSn、BiやInの働きにより硬さが高過ぎることがなくなじみ性が良好で、かつ、潤滑性が良くて耐焼付き性が良好である。

【0014】したがって、上記Ag合金よりなる被覆層が基材の表面で相手材との摺動面に形成された本発明に係る摺動部材は、少なくとも摺動面にPbを含有しないにもかかわらず、なじみ性、耐焼付き性、耐摩耗性及び耐疲労性の摺動特性が良好となる。ここに、SnはAg合金の初期なじみ性及び耐摩耗性の向上に寄与する。上記被覆層において、Snの含有量が2重量%未満になると、硬さが高く初期なじみ性が十分でない。一方、Snの含有量が50重量%を超えると、合金融点が大幅に低下して高温下で軟化し、耐摩耗性が不十分となる。このため、上記被覆層におけるSnの含有量は2～50重量%とすることが好ましい。なお、耐焼付き性の観点からSnの含有量の下限は9重量%とすることが特に好ましく、また耐熱性の観点からSnの含有量の上限は25重量%とすることが特に好ましい。

【0015】BiはAg合金の初期なじみ性及び耐疲労性の向上に寄与する。上記被覆層において、Biの含有量が5重量%未満になると、硬さが高く初期なじみ性が十分でない。一方、Biの含有量が50重量%を超える

と、Agが保有している特性(延性)が悪くなり、耐疲労性の低下につながる。このため、上記被覆層におけるBiの含有量は5～50重量%とすることが好ましい。なお、初期なじみ性の観点からBiの含有量の下限は10重量%とすることが特に好ましく、また耐焼付き性及び耐疲労性の観点からBiの含有量の上限は22重量%とすることが特に好ましい。

【0016】InはSnと同様の効果があり、上記被覆層において、Inの含有量が2重量%未満になると硬さが高く初期なじみ性が十分でなく、一方28重量%を超えると、合金融点が低下して高温下で軟化し、耐摩耗性が不十分となる。このため、上記被覆層におけるInの含有量は2～28重量%とすることが好ましい。なお、初期なじみ性の観点からInの含有量の下限は7重量%とすることが特に好ましく、また耐熱性の観点からInの含有量の上限は20重量%とすることが特に好ましい。

【0017】上記Sn、Bi及びInは二種以上を同時に含有させることもできる。ここに、Ag合金中のAgの含有量はAg基による高延性及び高融点の特性を確保する観点から50重量%以上を確保することが好ましく、Sn、Bi及びInの含有量が合計で50重量%を超えると、延性及び耐摩耗性が低下する。一方、Sn、Bi及びInの含有量が合計で4重量%未満では、硬さが高いため初期なじみ性が十分でなく、潤滑性が悪く、耐焼付き性向上が期待できない。このため、Sn、Bi及びInを同時に含有させる場合は、Sn、Bi及びInの合計の含有量が4～50重量%で、Snが2～20重量%、Biが5～20重量%、Inが2～10重量%であることが好ましい。

【0018】したがって、本発明の摺動部材は内燃機関用のすべり軸受やブッシュに好適に利用することが可能となる。

#### 【0019】

【実施例】以下、実施例により本発明を具体的に説明する。

【第1実施例】銅製裏金付きのCu-Sn合金(Cu:94.5重量%、Sn:5重量%)試験片を準備し、この試験片のCu-Sn合金表面に、以下に示すように、表1に示す化学組成よりなる厚さ10～30μmの被覆層を電気めっきにより形成した。

#### 【0020】

#### 【表1】

		化学組成 (wt %)				
		A g	S n	B i	I n	P b
実 施 例	1	残部	2	-	-	-
	2	残部	20	-	-	-
	3	残部	50	-	-	-
	4	残部	-	5	-	-
	5	残部	-	10	-	-
	6	残部	-	50	-	-
	7	残部	-	-	2	-
	8	残部	-	-	28	-
	9	残部	2	-	2	-
	10	残部	5	10	-	-
	11	残部	20	20	10	-
	12	残部	2	5	2	-
比較 例	1	-	10	-	-	残部
	2	-	10	-	8	残部
	3	100	-	-	-	-
	4	-	100	-	-	-

【0021】(実施例1～3)表2に示す組成よりなるめっき浴を用い、表3に示すめっき条件により電気めっきすることにより、A g-S n合金よりなる被覆層を形成した。

【0022】

【表2】

A g - S n合金めっき液組成	
A g C N	0. 05～3. 5 g/リットル
K <sub>2</sub> S n O <sub>3</sub> · 3 H <sub>2</sub> O	7. 2～150 g/リットル
K C N	1～74 g/リットル
K O H	7～34 g/リットル

【0023】

【表3】

めっき条件	
めっき液温度 (℃)	40～50
電流密度 (A/dm <sup>2</sup> )	0. 5～2. 0

い、めっき被覆部材を陰極にして、表5に示すめっき条件により電気めっきすることにより、A gよりなる被覆層を形成した。そして、このめっき皮膜の上にさらにB iめっきを行った後、熱処理(150～170℃、30～60分)によりB iをめっき皮膜中に拡散させて表1に示す組成となるように処理することにより、A g-B i合金よりなる被覆層を形成した。

【0024】

【表4】

(実施例4～6)表4に示す組成よりなるめっき浴を用

Agめっき液組成	
青化銀	20~30 g/リットル
青化カリ	70~90 g/リットル
酸化カドミウム	5~1.5 g/リットル
次亜硫酸ソーダOH	1~5 g/リットル

【0025】

【表5】

めっき条件	
めっき液温度 (°C)	20~30
電流密度 (A/dm <sup>2</sup> )	0.5~2.0

(実施例7、8) まず、実施例4~6と同様に表3に示す組成よりなるめっき浴を用い、めっき被覆部材を陰極にして、表4に示すめっき条件により電気めっきすることにより、Agよりなる被覆層を形成した。そして、このめっき皮膜の上にさらにInめっきを行った後、熱処理(150~170°C、30~60分)によりInをめっき皮膜中に拡散させて表1に示す組成となるように処理することにより、Ag-In合金よりなる被覆層を形成した。

【0026】(実施例9) まず、実施例1~3と同様に表2に示す組成よりなるめっき浴を用い、表3に示すめっき条件により電気めっきすることにより、Ag-Sn合金よりなる被覆層を形成した。そして、このめっき皮膜の上にさらにInめっきを行った後、熱処理(150~170°C、30~60分)によりInをめっき皮膜中に拡散させて表1に示す組成となるように処理することにより、Ag-Sn-In合金よりなる被覆層を形成した。

【0027】(実施例10) まず、実施例1~3と同様に表2に示す組成よりなるめっき浴を用い、表3に示すめっき条件により電気めっきすることにより、Ag-Sn合金よりなる被覆層を形成した。そして、このめっき皮膜の上にさらにBiめっきを行った後、熱処理(150~170°C、30~60分)によりBiをめっき皮膜中に拡散させて表1に示す組成となるように処理することにより、Ag-Sn-Bi合金よりなる被覆層を形成した。

試験装置 : ピンオンディスク試験機  
すべり速度 : 0.5 m/s  
荷重 : 9 N

【0028】(実施例11、12) まず、実施例10と同様にAg-Sn-Bi合金よりなる被覆層を形成した。そして、このめっき皮膜の上にさらにInめっきを行った後、熱処理によりInをめっき皮膜中に拡散させて表1に示す組成となるように処理することにより、Ag-Sn-Bi-In合金よりなる被覆層を形成した。

【0029】(比較例1) ホウフッ化浴よりなるめっき液を用い、めっき液温度20~30°C、電流密度2~5 A/dm<sup>2</sup> の条件でめっき処理することにより、Pb-Sn合金よりなる被覆層を形成した。

(比較例2) ホウフッ化浴よりなるめっき液を用い、めっき液温度20~30°C、電流密度2~5 A/dm<sup>2</sup> の条件で、まずPb-Sn合金めっき処理をし、さらにその上にInめっきをし熱処理することにより、Pb-Sn-In合金よりなる被覆層を形成した。

【0030】(比較例3) 表4に示す組成よりなるめっき浴を用い、めっき被覆部材を陰極にして、表5に示すめっき条件により電気めっきすることにより、純Agよりなる被覆層を形成した。

(比較例4) ホウフッ化浴よりなるめっき液を用い、めっき液温度20~30°C、電流密度2~5 A/dm<sup>2</sup> の条件でめっき処理することにより、Snよりなる被覆層を形成した。

【0031】なお、上記比較例4に係る被覆層は、一部のすべり軸受のオーバーレイ層として、現在用いられている合金層である。

(硬さの評価) 上記実施例1~12及び比較例1~4の被覆層の硬さをマイクロビッカース硬度計により測定した。その結果を表6及び図1に示す。

【0032】(摩擦摩耗特性の評価) 上記実施例1~12及び比較例1~4の被覆層を摺動面に形成したΦ7mm×L12mmのピンよりなる試験片について、摩擦摩耗試験を行った。その結果を表6及び図2、図4に示す。なお、試験条件は以下のとおりである。

潤滑 : 無潤滑 ( $5 \times 10^{-2}$  Torr の真空中)  
 温度 : 室温  
 試験時間 : 30分 (但し、摩耗量が多くて30分もたないものについて  
     は、30分摩耗を行ったものとして換算した。)  
 相手材 : ディスクテストピース、SUS430 (硬さ: Hv 290、  
     表面粗さ: 0.5  $\mu\text{mRz}$ )

(耐焼付き性の評価) 上記実施例1～12及び比較例1～4の被覆層を摺動面に形成した30mm×30mm、  
 厚さ2mmのプレート (摺動面30mm×30mm) よりなる試験片について、焼付き試験を行った。その結果

試験装置 : 円筒×平板テストピーススラスト試験機  
 すべり速度 : 2.0 m/s  
 荷重 : ステップアップ増加法 (5kgf/ステップ)  
 潤滑 : 5W-30基油 (油浴)  
 温度 : 室温～なりゆき  
 試験時間 : ステップアップ/5分毎  
 相手材 : 円筒テストピース、炭素鋼 (S50C、硬さ: Hv 600、  
     表面粗さ: 0.8  $\mu\text{mRz}$ )

【0034】

【表6】

硬さと摩擦摩耗試験の評価結果				
	硬さ (Hv)	摩擦係数 (μ)	焼付荷重 (kgf)	摩耗量 (mg/0.5h)
実施例	1	62	0.4	60
	2	25	0.35	75
	3	20	0.3	60
	4	55	0.43	70
	5	33	0.4	95
	6	28	0.4	80
	7	65	0.42	65
	8	26	0.38	90
	9	58	0.45	65
	10	22	0.36	85
	11	18	0.33	80
	12	20	0.35	80
比較例	1	10	0.25	10
	2	9.3	0.4	15
	3	108	0.3	50
	4	9	0.3	40
【0035】表6及び図1～図4から明らかなように、実施例1～12は、比較例1、2及び4と比べて硬さが高くなっているが、比較例3（純Agめっき）よりは硬さが低くなっている。そして、実施例1～12は、硬さ				

が高いわりに摩擦係数が低めで、実施例1～12の摩擦係数は比較例のものと近い値を示している。また、比較例1及び2のPbをベースにしたものでは、焼付き試験中に被覆層が摩耗して低荷重で焼き付きに至るのに対し、実施例1～12は全て比較例1及び2よりも優れた耐焼付き性を示すとともに耐摩耗性も大幅に優れています。

【0036】また、純Agめっきの比較例3では、オーバーレイとしては非常に硬く、耐摩耗性には優れているが、なじみ性が不十分なため焼付き荷重が低いのに対し、実施例1～12ではなじみ性及び耐摩耗性の双方が非常に高く、なじみ性及び耐摩耗性の両立が図られていった。

【第2実施例】本実施例は本発明の摺動部材を内燃機関用すべり軸受に適用したものである。

【0037】図5に示すように、鋼製裏金1に、外径4

試験装置	: 静荷重軸受試験機
回転数	: 5000 rpm (周速: 12.5 m/s)
潤滑油	: SAE 10W-30
給油量	: 0.1リットル/分
給油温度	: 100°C
相手材	: 炭素鋼 (S50C, Hv: 600, 表面粗さ: 0.8 μmRz)

図6から明らかなように、すべり軸受の表面で相手材との摺動面に本発明に係る被覆層を形成することにより、Pbをベースとした比較例1及び2、純Agの比較例3並びに純Snの4よりも優れた軸受性能（焼付き特性）を發揮させることができた。

【0040】また、純Agの比較例3では、なじみ性が悪く、所定の試験条件に達する前に焼付きが発生し、試験できなかつたものがあった（図6にはうまく試験できたもののデータを示す）のに対し、本実施例では試験初期に焼付きが発生するものは無かった。なお、上記実施例では、電気めっきにより被覆層を形成した場合の結果を示したが、PVD等の気相めっき法で被覆層を形成した場合も同様の結果が得られることを確認した。

【0041】

【発明の効果】以上詳述したように本発明の摺動部材は、摺動面にPbを含有しないものであるが、摺動面にPb含有するものと同等以上の摺動特性を發揮すること

8mm、肉厚1.5mmのCu-Sn合金層 (Cu: 94.5重量%、Sn: 5重量%) 2をライニングしてなる基材を準備した。この基材のCu-Sn合金層2の表面、すなわち相手材との摺動面に1.5μmの厚さのNiめっき層2'を形成した。なお、このときのめっき条件は、めっき液: ワット浴、めっき液温度: 50°C、電流密度: 6A/dm<sup>2</sup>である。

【0038】そして、このNiめっき層2'の表面に、前記第1実施例と同様の方法により被覆層3を形成して、すべり軸受を作製した。第1実施例で示した実施例1～12及び比較例1～4の被覆層を上記すべり軸受の被覆層3に適用したものについて、軸受単体試験を行った。その結果を図6に示す。なお、試験条件は以下のとおりである。

【0039】

ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例に係り、被覆層の硬さの測定結果を示す棒グラフである。

【図2】第1実施例に係り、被覆層の摩擦係数の評価結果を示す棒グラフである。

【図3】第1実施例に係り、被覆層の耐焼付き性の評価結果を示す棒グラフである。

【図4】第1実施例に係り、被覆層の耐摩耗性の評価結果を示す棒グラフである。

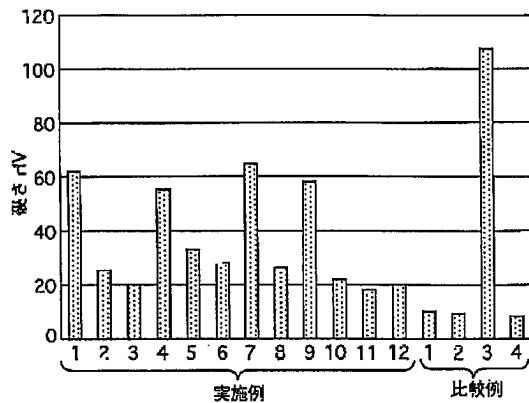
【図5】第2実施例に係り、すべり軸受の一部断面図である。

【図6】第2実施例に係り、被覆層の耐焼付き性の評価結果を示す棒グラフである。

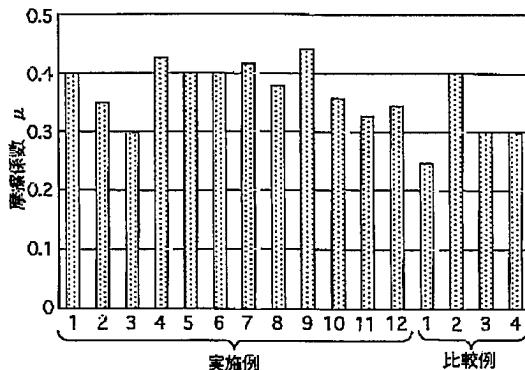
【符号の説明】

1…鋼製裏金、2…Cu-Sn合金層、2'…Niめっき層、3…被覆層

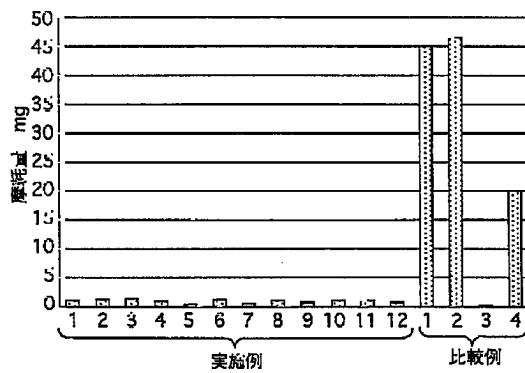
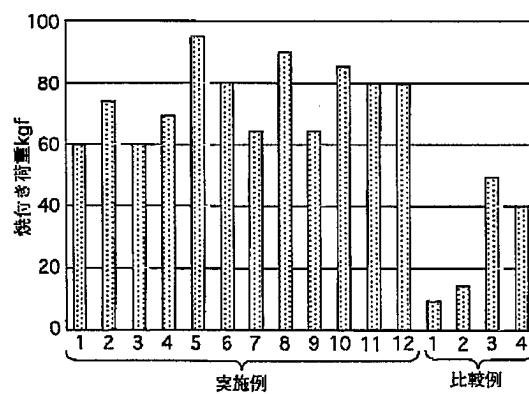
【図1】



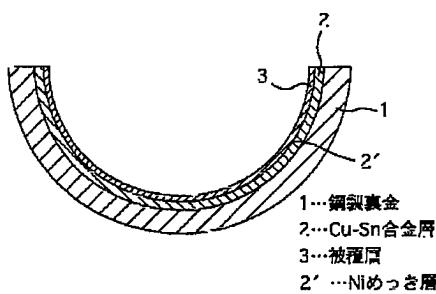
【図2】



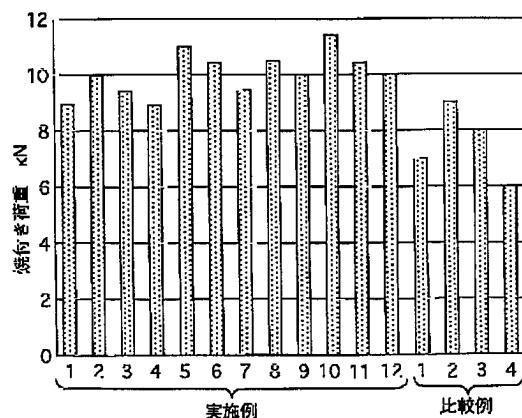
【図3】



【図5】



【図6】



## フロントページの続き

(72) 発明者 不破 良雄  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内

(72) 発明者 志村 好男  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内  
(72) 発明者 堀田 滋  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内